



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **60131639 A**(43) Date of publication of application: **13.07.85**

(51) Int. Cl.

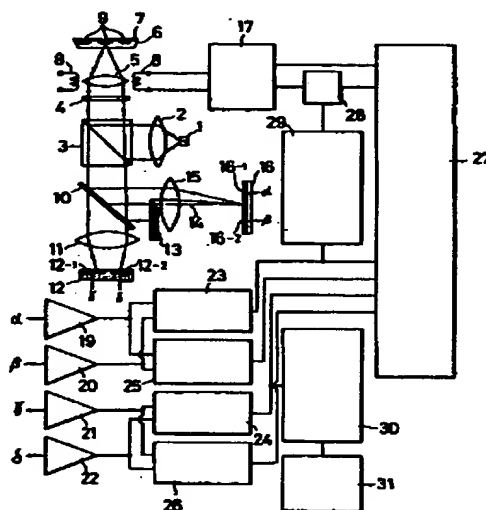
**G11B 7/09**  
**G02B 7/11**(21) Application number: **58239393**(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**(22) Date of filing: **19.12.83**(72) Inventor: **ANDO HIDEO****(54) OPTICAL HEAD****(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To ensure the electrically stable detection for an out-of-focus degree when this degree is very big by providing such a constitution where the light swells largely out of a photodetecting part when the out-of-focus degree is big and the sum total of detection signals is satisfactorily small.

**CONSTITUTION:** The photoelectric signals obtained from photodetecting cells 16-1, 16-2, 12-1 and 12-2 of photodetectors 16 and 12 for detection of out-of focus degree and track shift respectively are supplied to a CPU27 after subtraction and addition processings. In this case, the value of the optical parameter is set so that the sum total of the laser light quantity irradiated to the cells 12-1 and 12-2 is decreased by making a beam spot on the detector 12 swell out of the cells 12-1 and 12-2 when the out-of-focus degree increases greatly. Thus the output voltage of an adder circuit 26 is reduced when the out-of-focus degree is very large. Therefore a certain level of reference value is decided for the CPU 27, and it is decided that the out-of-focus degree is very big in case the output

voltage of the circuit 26 is less than the reference level of the CPU27.

COPYRIGHT: (C)1985,JPO&amp;Japio



⑨ 公開特許公報(A)

昭60-131639

⑪ Int. Cl.<sup>4</sup>

G 11 B 7/09  
G 02 B 7/11

識別記号

庁内整理番号

B-7247-5D  
L-7448-2H

⑬ 公開 昭和60年(1985)7月13日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全14頁)

⑭ 発明の名称 光学ヘッド

⑮ 特 願 昭58-239393

⑯ 出 願 昭58(1983)12月19日

⑰ 発 明 者 安 東 秀 夫 川崎市幸区柳町70番地 東京芝浦電気株式会社柳町工場内  
⑱ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 川崎市幸区堀川町72番地  
⑲ 代 理 人 弁 理 士 鈴 江 武 彦 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

光学ヘッド

2. 特許請求の範囲

(1) 集束光を用い情報記憶媒体から少なくとも情報を読み取ることが可能であって少なくとも焦点付け検出系とトラックずれ検出系とが分離されているものにおいて、上記情報記憶媒体に向けて光を集光する対物レンズと、この対物レンズにより上記情報記憶媒体に向けて集光された後上記情報記憶媒体上で反射して再び上記対物レンズを経た光を受光して少なくともトラックずれを検出する光検出器と、少なくともこの光検出器の検出結果にもとづいて焦点付けを制御する制御手段とを具備し、焦点付け量が非常に大きい時に光が上記光検出器の光検出部から大きくはみ出し、検出信号の総和が充分に小さくなるように構成したことを特徴とする光学ヘッド。

(2) 対物レンズのワーキングディスタンスをWDとし、上記対物レンズが合焦点位置から情報

記憶媒体に $\frac{WD}{2}$ だけ近付いたとき、光検出器の光検出部からはみ出した光の面積が光検出部で受光された光の面積よりも広くなるように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光学ヘッド。

(3) 対物レンズが合焦点位置から情報記憶媒体に $\frac{WD}{4}$ だけ近付いたとき、光検出器の光検出部からはみ出した光の面積が光検出部で受光された光の面積の3倍以上となるように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光学ヘッド。

(4) 対物レンズの焦点距離をfとし、上記対物レンズが合焦点位から情報記憶媒体に対し $\frac{f}{10}$ だけ遠ざかったとき、光検出器の光検出部からはみ出した光の面積が光検出部で受光された光の面積の3倍以上となるように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の光学ヘッド。

(5) 制御手段は、光検出器からの信号の和を監視し、それが基準値以下になったとき焦点付け補正回路を切断するように構成したことを特徴とする特許請求の範囲第1項ないし第4項のいずれか

に配載の光学ヘッド。

(6) 光検出器は合焦点時収束状態にある光を集光点以外の所で検出する構成とし、しかも合焦点時の集光点から光検出器までの距離を $d$ 、対物レンズの開口部の半径を $A$ 、対物レンズのワーキングディスタンスを $WD$ 、合焦点時の情報記憶媒体に対する上配集光点における結像倍率を $m$ 、対物レンズの情報記憶媒体に近い方の主点から集光点までの距離を $F$ 、情報記憶媒体に対し上配集光点が1個の合成レンズの結像関係によって成立つとみなしたときのこの合成レンズの焦点距離を $f^*$ としたとき、光検出器が半径

$$r = \frac{A}{\sqrt{2} \cdot (F - WD)} \left| d/m + (m \pm d/f^*) \cdot WD \right|$$

の円よりも小さい構成としたことを特徴とする特許請求の範囲第1項、第2項または第5項記載の光学ヘッド。

(7) 光検出器はその光検出部が半径

$$r = \left| \left( d/m + (m \pm d/f^*) \cdot \frac{WD}{2} \right) - \frac{A}{2F - WD} \right|$$

(8) 光検出器はその光検出部が半径

$$r_p = \frac{A}{2} \left( 1 + \frac{L}{2f_0^2/WD - f_0} \right)$$

の円よりも小さい構成としたことを特徴とする特許請求の範囲第1項、第3項、第5項または第9項記載の光学ヘッド。

(9) 光検出器はその光検出部が半径

$$r_p = \frac{A}{2} \left( \frac{L}{f_0} - 1 \right)$$

の円よりも小さい構成としたことを特徴とする特許請求の範囲第1項、第4項、第5項または第9項記載の光学ヘッド。

## 2. 発明の詳細な説明

### 〔発明の技術分野〕

本発明は集束光を用い情報記憶媒体から少なくとも情報を読み取ることが可能な装置であり、例えばDAD用のCD（コンパクトディスク）やビデオディスクのような再生専用の情報記憶媒体や画像ファイル、静止画ファイル、COM（コンピュータアウトプットメモリー）等に用いら

の円よりも小さい構成としたことを特徴とする特許請求の範囲第1項、第2項、第3項、第5項または第6項記載の光学ヘッド。

(8) 光検出器はその光検出部が半径

$$r = \frac{A}{2.4F} \left| d/m + 0.2F(\pm m \pm d/f^*) \right|$$

の円の中に存在する構成としたことを特徴とする特許請求の範囲第1項、第5項または第6項記載の光学ヘッド。

(9) 合焦点時に情報記憶媒体から反射した光が対物レンズを通過後平行光のままで光検出器に到達する構成とし、しかも対物レンズの焦点距離を $f_0$ 、対物レンズの開口部の半径を $A$ 、対物レンズから光検出器までの距離を $L$ としたとき、光検出器はその光検出部が半径

$$r_p = \frac{A}{\sqrt{2}} \left( 1 + \frac{L}{f_0^2/WD - f_0} \right)$$

の円よりも小さい構成としたことを特徴とする特許請求の範囲第1項、第2項または第5項記載の光学ヘッド。

れ、集束光により記録層に対し穴を開ける等の状態変化を起こさせて情報の記録を行ない、またそこから再生することのできる情報記憶媒体、さらに消去可能な情報記憶媒体に対し少なくとも再生ないしは記録を行なう時に用いられる光学ヘッドに関する。

### 〔発明の技術的背景とその問題点〕

再生専用の光学ヘッドの機能としては、「自動的な焦点ずれ補正」「情報記憶媒体上のトラックの追跡」「情報記憶媒体からの情報の読取り」等があり、記録再生用の光学ヘッドにはさらに「情報記憶媒体への情報の追記録」が加わる。

ところで、「自動的な焦点ずれ補正」とは具体的には焦点ずれ量を光検出器で検出し、電気的にフィードバックをかけ、マイスコイルを駆動して情報記憶媒体に対し対物レンズを最適位置へ移動することである。この場合、焦点ずれ補正を開始する時情報記憶媒体と対物レンズとの間の距離が任意の状態ではフィードバックル

プをつなぐより情報記憶媒体に対し対物レンズを合焦点位置に近付けた後につないだ方が安定にフィードバックループがつながりやすい。すなわち、フィードバックループがつながり、自動的に焦点ぼけ補正を行なっている時でも、光学的ないしは電気的外乱によりフィードバックループが乱され対物レンズが情報記憶媒体にぶつかったり、大きく遠ざかったりすることがある。また、情報記憶媒体の一部に広域にわたる光反射層ないしは情報記録層の欠落が生じたり、何らかの都合で光路の一部が全面的に遮光された場合、焦点ぼけ検出器上にレーザー光が照射されないで焦点ぼけ検出が行なわれず対物レンズが暴走しだす。さらに、光学系によっては、合焦点位置から大きく焦点がぼけた時には焦点ぼけ検出信号が小さくなるものがあり、この場合、焦点が大きくぼけているにもかかわらず焦点ぼけ検出が行なわれないことになる等の問題が生じ易いので、焦点ぼけ補正用フィードバック回路のほか合焦点位置付近であるか焦点が

大きくぼけている状態であるかを検出する手段が必要となるが、現在それらの技術については余り知られていない。

#### 〔発明の目的〕

本発明は上記事情にもとづいてなされたもので、その目的とするところは、情報記憶媒体に対し対物レンズを合焦点位置に近付けて自動的に焦点ぼけ補正を開始する際に合焦点位置付近にきていることの検出や、焦点ぼけに対し異状処理が行なえ、以て焦点ぼけ量が非常に大きくなった時の検出を電氣的に安定に信頼性良く行なえるようにした光学ヘッドを提供することにある。

#### 〔発明の概要〕

本発明は、上記目的を達成するため、集束光を用いて情報記憶媒体から少なくとも情報を読取ることが可能であって少なくとも焦点ぼけ検出系とトラックずれ検出系とが分離されている光学ヘッドにおいて、上記情報記憶媒体に向けて光を集光する対物レンズと、この対物レン

ズにより上記情報記憶媒体に向けて集光された後上記情報記憶媒体上で反射して再び上記対物レンズを経た光を受光して少なくともトラックずれを検出する光検出器と、少なくともこの光検出器の検出結果にもとづいて焦点ぼけを制御する制御手段とを具備し、焦点ぼけ量が非常に大きい時に光が上記光検出器の光検出部から大きくはみ出し、検出信号の総和が充分に小さくなるように構成したことを特徴とするものである。

#### 〔発明の実施例〕

以下、本発明の一実施例を図面を参照しながら説明する。第1図中1はレーザー装置（半導体レーザー）であり、このレーザー装置1から発生されたレーザービームはコリメーターレンズ2によって平行光束にされ、偏光ビームスプリッター3に向けられる。この偏光ビームスプリッター3によって反射された平行レーザービームは $1/4$ 波長板4を通過して対物レンズ5に入射され、この対物レンズ5によって情報記憶媒体

6の光反射層（ないしは情報記録層）7に向けて集束される。対物レンズ5は、ボイスコイル8によってその光軸方向に移動可能に支持され、対物レンズ5が所定位置に位置されると、この対物レンズ5から発せられた集束性レーザービームのビームウエストが光反射層7表面上に投射され、最小ビームスポットが光反射層7の表面上に形成される。この状態において、対物レンズ5は、合焦状態に保れ、情報の書き込み及び読み出しが可能となる。情報を書き込む際には、光強度変調されたレーザービームによって光反射層7上のトラッキングガイド9にピットが形成され、情報を読み出す際には、一定の光強度を有するレーザービームは、トラッキングガイド9に形成されたピットによって光強度変調されて反射される。

情報記憶媒体6の光反射層7から反射された発散性のレーザービームは、合焦時には対物レンズ5によって平行光束に変換され、再び $1/4$ 波長板4を通過して偏光ビームスプリッター3に

戻される。レーザービームが $1/4$ 波長板4を在復することによってレーザービームは、偏光ビームスプリッタ3で反射された際に比べて偏波面が90度回転し、この90度だけ偏波面が回転したレーザービームは、偏光ビームスプリッタ3で反射されず、この偏光ビームスプリッタ3を通過することとなる。偏光ビームスプリッタ3を通過したレーザービームは、ハーフミラー10によって2系に分けられ、その一方(トラックずれ検出系)は、トラックずれ検出用投射レンズ12によってトラックずれ検出用光検出器13に照射される。このトラックずれ検出用光検出器13で検出された第1の信号は、情報記憶媒体6に記録された情報を含み、信号処理装置に送られてデジタルデータに変換される。ハーフミラー10によって分けられた他方(焦点ぼけ検出系)のレーザービームは、遮光板(光検出部材)13によって光軸14から離隔した領域を通過する成分のみが取り出され、焦点ぼけ検出用投射レンズ15を通過した後焦点

ぼけ検出用光検出器16に入射される。ここで、遮光板13は、プリズム、アパーチャスリット或はナイフエッジ等のいずれで構成されても良い。焦点ぼけ検出用光検出器16で検出された信号は、フォーカス信号発生器で処理され、このフォーカス信号発生器から発生されたフォーカス信号がボイスコイル駆動回路17に与えられる。ボイスコイル駆動回路17は、フォーカス信号に応じてボイスコイル8を駆動し、対物レンズ5を合焦状態に維持することとなる。なお、情報記憶媒体6の光反射層7上に形成されたトラッキングガイド9を正確にトレースする場合には、焦点ぼけ検出用光検出器16からの信号を処理してリニアアクチュエータを作動させても良く、また、対物レンズ5を横方向に移動させたり、或は図示しないガルバノミラーを作動させても良い。

第1図に示した合焦時を検出する為の光学系が第2図に示すように単純化して示され、合焦検出に関するレーザービームの軌跡は、第3図

(a)(b)に示すように描かれる。対物レンズ5が合焦状態にある際には、光反射層7上にビームウエストが投射され、最小ビームスポット、即ちビームウエストスポット18が光反射層7上に形成される。通常、レーザー装置1から対物レンズ5に入射されるレーザーは、平行光束であるから、ビームウエストは、対物レンズ5の焦点上に形成される。しかしながら、対物レンズ5にレーザー装置1から入射されるレーザーがわずかに発散あるいは収束している場合には、ビームウエストは、対物レンズ5の焦点近傍に形成される。第1図、第2図および第3図(a)(b)に示される光学系においては、焦点ぼけ検出用光検出器16の受光面は、合焦状態においてそのビームウエストスポット18の結像面に配列されている。したがって、合焦時には、ビームウエストスポット18の像が焦点ぼけ検出用光検出器16の受光面の中心に形成される。すなわち、第3図(b)に示すようにビームウエストスポット18が光反射層7上に形成され、この

光反射層7で反射されたレーザービームは対物レンズ5によって平行光束に変換されて遮光板13に向けられる。遮光板13によって光軸14から離隔した領域を通る光成分のみが取り出され、焦点ぼけ検出用投射レンズ15によって集束され、焦点ぼけ検出用光検出器16上で最小に絞られ、ビームウエストスポット像がその上に形成される。次に対物レンズ5が光反射層7に向けて近接すると、ビームウエストは、第3図(a)に示すようにレーザービームが光反射層7で反射されて生ずる。すなわち、ビームウエストは対物レンズ5と光反射層7との間に生ずる。このような非合焦時には、ビームウエストは、通常対物レンズ5の焦点距離内に生ずることから、ビームウエストが光点として機能すると仮定すれば明らかなように光反射層7で反射され、対物レンズ5から射出されるレーザービームは、対物レンズ5によって発散性のレーザービームに変換される。遮光板13を通過したレーザービーム成分も同様に発散性で

あることから、このレーザービーム成分が焦点ぼけ検出用投射レンズ15によって集束されても焦点ぼけ検出用光検出器16の受光面上で最小に絞られず、焦点ぼけ検出用光検出器16よりも遠い点に向って集束されることとなる。したがって、焦点ぼけ検出用光検出器16の受光面の中心から図上上方に向ってレーザービーム成分は投射され、その受光面上には、ビームスポット像よりも大きなパターンが形成される。さらに、第3図付に示されるように対物レンズ5が光反射層7から離間された場合には、ビームウエストを形成した後レーザーは、反射層7で反射される。このような非合焦時には、通常ビームウエストは、対物レンズ5の焦点距離外であって対物レンズ5と反射層7との間に形成されることから、対物レンズ5から感光板13に向い反射レーザービームは、収束性を有することとなる。したがって、感光板13を通過したレーザービーム成分は、焦点ぼけ検出用投射レンズ15によって更に収束され、収束点を形

成した後焦点ぼけ検出用光検出器16の受光面上に投射される。その結果、焦点ぼけ検出用光検出器16の受光面上には、ビームウエストスポットの像よりも大きなパターンが中心から図上下方に形成される。

次に上記の光学系を作動させる制御回路について第1図を参照しながら述べる。焦点ぼけ検出用とトラックずれ検出用の光検出器16、18の各光検出セル16-1、16-2、18-1、18-2から得られた光電信号は焦点ぼけ検出用光検出セルのプリアンプ19、20およびトラックずれ検出用光検出セルのプリアンプ21、22で増幅された後減算回路23、24と加算回路25、26により減算処理、加算処理されてCPU27に入力される。CPU27は、焦点ぼけ補正用駆動回路17によりマイスコイル8を駆動し、対物レンズ5を動かしながら減算回路23、24および加算回路25、26の出力をモニターしている。モニター信号から対物レンズ5が最適位置に来たとCPU27

が判断するとスイッチング回路28に指令を出し、焦点ぼけに対する帰還ループを接続する。帰還ループの途中には周波数特性の改善、位相補償等の波形補正回路29が入っている。帰還ループがつながっていても減算回路23および加算回路25の出力をモニターして焦点ぼけ量がある程度以上になったらスイッチング回路28を切り、対物レンズ5の最適位置を探し直す。なお、29は波形補正回路、31はトラックずれ補正用駆動回路である。

また、このようにある条件のもとでCPU27が自動的に焦点ぼけ補正の開始や焦点ぼけ量が非常に大きくなったときの異状処理が容易に行なえるように光学パラメータの値が決められている。すなわち、光学パラメータの値は、焦点ぼけ量が非常に大きくなったとき、トラックずれ検出用光検出器18上のビームスポットを光検出セル18-1、18-2から大きくはみ出させることにより光検出セル18-1、18-2上に照射するレーザー光量の総和が小さく

なるように決められている。これにより、焦点ぼけ量が非常に大きくなったときには加算回路26の出力電圧が小さくなるのでCPU27ではある基準値を決めておき、加算回路26の出力電圧がそれよりも低い場合には焦点ぼけ量が非常に大きい状態と判断させることができる。

次に光源追跡法により各光学パラメータに対する光学特性を計算する。

上述した焦点ぼけ検出系のレーザーの軌跡の変化、即ち、光線軌跡の変化は、幾何光学的に下記のように説明され、レーザービーム成分が光検出器16上で偏向される値 $h$ を求めることができる。対物レンズ5の幾何学的な結像系は、第4図に示すように表わすことができる。ここで $f$ は対物レンズ5の焦点距離を、また $g$ は合焦時から非合焦時に至る際の対物レンズ5、即ち情報記憶媒体6の光反射層7の移動距離を示し、第4図において実線で示される光線軌跡は、ビームウエストから発せられ、対物レンズ5の主面上であって光軸14から距離 $h$ 。

だけ離間した点を通り、集束されるものを行っている。第3図(1)に示される合焦時には、明らかにように $\theta = 0$ であり、第3図(2)に示される非合焦時には、情報記憶媒体6が距離 $\delta$ だけ対物レンズ5に近接し、ビームウエストは、光反射層7で反射されて形成されることからビーム・ウエストは、その2倍だけ対物レンズ5に近接することとなる。(近接する場合は、 $\delta < 0$ である。)また、第3図(1)に示される非合焦時には、情報記憶媒体6が距離 $\delta$ だけ対物レンズ7から離間され、ビーム・ウエストを形成した後レーザービームが光反射層7から反射されることから、実質的に光反射層7の背後にビーム・ウエストが形成されたと同様であってビーム・ウエストは、 $2\delta$ だけ対物レンズ5から離間することとなる。合焦時には、ビーム・ウエストが対物レンズ5の焦点位置に形成されるとすれば、情報記憶媒体6が $\delta$ だけ移動した場合には、第4図に示されるようにビーム・ウエストと対物レンズ5の主面間の距離は、 $(f_0 + 2\delta)$

され、対物レンズ5の主面から $L$ だけ離間した位置にレンズ15-1の主面が配置され、更にこのレンズ15-1の主面から $H$ だけ離間してレンズ15-2の主面が、また $L$ だけ離間して光検出器16の受光面が配列されていると仮定している。図中実線で示される光線軌跡は、対物レンズ5で集束されて、遮光板13の光透過面であって光軸14から $r$ だけ離間したものを示している。

距離 $r$ は、下記(3)式で表わされる。

$$r = h_0 - a\beta_1$$

$$= h_0 \left( 1 - a \frac{1}{f_0 + f_0^2/2\delta} \right) \quad \dots (3)$$

ここで、 $F(\theta) = (f_0 + f_0^2/2\delta)^{-1}$ とすれば、(3)式は次式で表わされる。

$$r = h_0 (1 - aF(\theta)) \quad \dots (4)$$

従って、

$$h_0 = \frac{r}{1 - aF(\theta)} \quad \dots (5)$$

で表わされる。ビーム・ウエストを光点とみなせば、第4図における角度 $\beta_0$ 及び $\beta_1$ は、下記(1)及び(2)式で示される。

$$\frac{h_0}{f_0 + 2\delta} = \tan(-\beta_0) \div \beta_0 \quad \dots (1)$$

また、レンズの結像公式から

$$\frac{\tan(-\beta_0)}{h_0} + \frac{\tan\beta_1}{h_0} = \frac{1}{f_0}$$

従って

$$\beta_1 = \beta_0 + h_0/f_0$$

$$= \frac{h_0}{f_0 + f_0^2/2\delta} \quad \dots (2)$$

第5図は、投射レンズ15の光学系における光線軌跡を示し、投射レンズ15が1対の組み合せレンズ15-1, 15-2から成るものとして取り扱っている。

ここで、レンズ15-1, 15-2は、夫々焦点距離 $f_1, f_2$ を有し、対物レンズ5の主面から $L$ だけ離間した位置に遮光板13が配置

また、光線がレンズ15-1の主面上を通る光軸14上からの位置 $h_1$ は、(6)式で表わされる。

$$h_1 = r - (L - a)\beta_1$$

$$= \frac{1 - L F(\theta)}{1 - a F(\theta)} \times r \quad \dots (6)$$

(2)式と同様に角度 $\beta_2$ を求めれば、角度 $\beta_2$ は、(7)式で表わされる。

$$\beta_2 = \beta_1 + \frac{h_1}{f_1}$$

$$= \frac{r}{1 - a F(\theta)} \left\{ \frac{1}{f_1} + (1 - L/f_1) F(\theta) \right\} \quad \dots (7)$$

以下同様にレンズ15-2の主面上を通る光線の光軸14上からの位置 $h_2$ 及び入射角 $\beta_3$ 、光線が光検出器16の受光面上に入射する光軸14上からの位置 $h$ 、即ち、偏位量は、夫々(8)~(10)式で表わされる。

$$h_2 = h_1 - H\beta_2$$

$$= \frac{r}{1 - a F(\theta)} \left\{ (1 - H/f_2) \right.$$

$$\left. - [H + L(1 - H/f_1)] \times F(\theta) \right\} \quad \dots (8)$$

$$\beta_2 = \beta_1 + \frac{h_2}{f_2}$$

$$\begin{aligned} & \frac{r}{1-aF(\theta)} \left\{ \left( \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{H}{f_1 \cdot f_2} \right) \right. \\ & \left. + \left[ \left( 1 - \frac{L}{f_1} \right) \left( 1 - \frac{H}{f_2} \right) - \frac{L}{f_2} \right] F(\theta) \right\} \quad \dots (9) \end{aligned}$$

及び

$$\begin{aligned} h_2 &= h_1 - (\frac{L}{f_1} - H) \beta_1 \\ &= \frac{r}{1-aF(\theta)} \left\{ \left[ \left( 1 - \frac{L}{f_1} \right) - \frac{(\frac{L}{f_1} - H)(f_1 - H)}{f_1 \cdot f_2} \right] \right. \\ & \quad \left. - \left[ \frac{L}{f_1} + L \left( 1 - \frac{L}{f_1} \right) - \frac{H(\frac{L}{f_1} - H)}{f_2} \right] F(\theta) \right. \\ & \quad \left. - \frac{L(\frac{L}{f_1} - H)(f_1 - H)}{f_1 \cdot f_2} \right\} F(\theta) \quad \dots (10) \end{aligned}$$

第4図及び第5図に示される光学系は、既に述べたように合焦点即ち、 $\theta = 0$ では、検出器1面上で光線は、 $h_2 = 0$ に集束されるのであるから、この条件下においては、 $F(0) = 0$ であり、(10)式は、下記式で表わされる。

$$h_2 = -\frac{2r}{f_2} \left( \frac{L}{f_1} - \frac{H(\frac{L}{f_1} - H)}{f_2} \right) \theta \quad \dots (11)$$

次に、合焦時 ( $\theta = 0$ ) において、情報記憶媒体6の光反射層7上のビーム・ウエストに対する光検出器1上の受光面上に形成されるビーム・ウエスト像の横倍率 $m$ は、下記(12)式で表わされる。

$$m = -\beta_0 / \beta_1 \quad (\text{倒立像})$$

ここで、 $\theta = 0$ における $\beta_0$ は、

$$\beta_0 = -\frac{h_0}{f_0} = -\frac{r}{f_0}$$

であるから、

$$m = \frac{f_1 \cdot f_2}{f_0 (f_1 + f_2 - H)} \quad \dots (12)$$

(12)式で(10)式から $f_2$ を消去すれば、

$$m = \frac{(\frac{L}{f_1} - H)f_1^2 + (H_2 - \frac{L}{f_1})f_1}{f_0 f_1^2 + 2f_0 H f_1 + f_0 H^2}$$

この式から、 $f_1$ についての解を求めれば、

$$f_1 = H \cdot \frac{m f_0 H}{m f_0 + H - L}$$

$$0 = r \left[ \left( 1 - \frac{L}{f_1} \right) - \frac{(\frac{L}{f_1} - H)(f_1 - H)}{f_1 f_2} \right] \quad \dots (13)$$

また、透光板13によって光軸16外の光線を通るもののみが取り出されることから、 $r \neq 0$ である。従って、

$$f_1 - L = \frac{(\frac{L}{f_1} - H)(f_1 - H)}{f_2} \quad \dots (14)$$

この式で(10)式を単純化すれば、(13)式又は(14)式が得られる。

$$\begin{aligned} h_2 &= \frac{r}{a - F^{-1}(\theta)} \left( \frac{L}{f_2} - \frac{H(\frac{L}{f_2} - H)}{f_2} \right) \\ &= \frac{r}{(a - f_0) - f_0^2 / 2\theta} \left( \frac{L}{f_2} - \frac{H(\frac{L}{f_2} - H)}{f_2} \right) \quad \dots (15) \end{aligned}$$

又は、

$$h_2 = -\frac{r}{(a - f_0) - f_0^2 / 2\theta} \left( \frac{L}{f_1 - H} - \frac{H(f_1 - L)}{f_1 - H} \right) \quad \dots (16)$$

$\theta$ が充分に小さい ( $\theta < f_0^2$ ) の場合には、

$$(a - f_0) < f_0^2 / 2\theta$$

であるから

実際の光学系では、 $f_1 = H$ に置かれることがないと考えられることから、

$$f_1 = \frac{m f_0 H}{m f_0 + H - L} \quad \dots (17)$$

正立像が形成される場合について同様に考察すれば ( $m = \beta_0 / \beta_1$ )、 $f_1$ は、次式で表わされる。

$$f_1 = \frac{m f_0 H}{m f_0 - H + L} \quad \dots (18)$$

従って、

$$f_1 = \frac{m f_0 H}{m f_0 \pm (L - H)} \quad \dots (19)$$

(19)式から $f_2$ を求めると、

$$f_2 = \frac{\pm (\frac{L}{f_1} - H) H}{m f_0 \pm L} \quad \dots (20)$$

(19)式を(18)式に代入して $h_2$ を横倍率 $m$ で表わせば、(21)式及び(22)式が得られる。

$$h_2 = \frac{\pm m f_0 r}{(a - f_0) - f_0^2 / 2\theta} \quad \dots (21)$$



$$h_s = \pm \frac{2m\gamma}{f_0} \delta \quad \dots (22)$$

但し、 $(a-f_0) < f_0^2/2\delta$

第5図の光学系において投射レンズ15が単レンズであるとすれば、 $f_0 = \infty$ であるから、 $f_1 = \infty$ 及び $m = f_1/f_0$ であって、

$$\begin{aligned} h_s &= \frac{\mp 2\gamma}{(a-f_0)-f_0^2/2\delta} \\ &= \frac{\mp m f_0 \gamma}{(a-f_0)-f_0^2/2\delta} \quad \dots (23) \end{aligned}$$

また、第4図に示した光学系では、ビーム・ウエストが対物レンズ5の焦点に形成されると仮定したが、発散性又は、集束性のレーザー・ビームが対物レンズ5に入射する場合には、ビーム・ウエストは第6図に示すように焦点からbだけ偏位して形成される。

この場合、図のような光路を、経て情報記憶媒体6上に照射したレーザー光の情報記憶媒体6の表面から反射された後の光路系を対物レンズ5、検出系レンズ(投射レンズ)15もすべ

が一致した時( $\delta = 0$ の時)の結像点に第2の光検出器16を配置すると $\delta = 0$ の時 $h_s = 0$ となり、この時の結像倍率 $m$ は $\mp m = -\beta_0/\beta_0$ より $m = \mp \frac{f^*}{C}$ となる。

したがって、

$$C = \mp f^*/m$$

但し $m$ は常に正数とし、 $+m$ の時は倒立像、 $-m$ の時は正立像を意味す。

また、合成レンズ後側主点から第2の光検出器16までの距離を $A_1$ とすると、

$$h_s = h^* - A_1 \beta_0 = -\beta_0 (f^* + C + 2\delta)$$

$$+ A_1 \times \frac{C+2\delta}{f^*} \beta_0$$

$$= -\beta_0 \{ (1 \mp 1/m) f^* + 2\delta \}$$

$$+ A_1 \times (\mp \frac{1}{m} + \frac{2\delta}{f^*}) \beta_0$$

$$= \beta_0 \{ (\mp A_1/m - f^* \mp \frac{f^*}{m})$$

$$+ (A_1/f^* - 1) \times 2\delta \} \quad \dots (24)$$

任意の $\beta_0$ に対して $\delta = 0$ において $h_s = 0$

をまとめて1つの合成レンズとして取扱う。そして、この合成レンズの焦点距離を $f^*$ 、合成レンズの前側焦点位置からフォーカスが合った時の光ディスク6(レーザー光の焦点光)までの距離を $C$ とし、情報記憶媒体6が $\delta$ だけ集光点からずれた時の反射光の光路を(22)式までの計算と同様の方法で求める。対物レンズ5、検出系レンズ15をすべてまとめて1つの合成レンズと見なすと、第7図から、

$$\frac{h^*}{f^* + C + 2\delta} = m(-\beta_0) = -\beta_0$$

より

$$h^* = -\beta_0 \cdot (f^* + C + 2\delta)$$

また、

$$\beta_1 = \beta_0 + h^*/f^* = \beta_0 - (\beta_0 - \frac{C+2\delta}{f^*})$$

$$= -\frac{C+2\delta}{f^*} \beta_0$$

レーザー光の集光点と情報記憶媒体6の位置

より

$$A_1 = f^* (1 \mp m) \quad \dots (25)$$

(25)式を(24)に代入すると

$$h_s = \beta_0 \{ \frac{f^* (1 \mp m)}{f^*} - 1 \} \times 2\delta$$

$$= \mp 2m\delta \times \beta_0 \quad \dots (26)$$

第6図のように対物レンズ5の焦点位置とレーザーの集光点がbだけずれている場合には(1)~(4)式において、

$$2\delta \rightarrow 2\delta + b$$

と変換することにより光路追跡の各式がそのまま成立する。したがって(5)式より

$$h_0 = \frac{f_0 + f_0^2/(2\delta + b)}{f_0 + f_0^2/(2\delta + b) - a} \times \gamma \quad \dots (27)$$

また(1)式に(27)式を代入すると、

$$\begin{aligned}
 \beta_0 &= \frac{h_0}{f_0 + 2\delta + b} = -\frac{f_0 h_0 / (2\delta + b)}{f_0 + f_0^2 / (2\delta + b)} \\
 &= \frac{f_0 / (2\delta + b)}{f_0 + f_0^2 / (2\delta + b) - a} \quad \gamma \\
 &= \frac{-f_0}{f_0^2 + (f_0 - a)(2\delta + b)} \quad \gamma \\
 &= \frac{-\gamma}{f_0 + (1 - a/f_0)(2\delta + b)} \quad \dots (28)
 \end{aligned}$$

(28) 式を (26) 式に代入すると、

$$h_0 = \pm \frac{2m\gamma}{f_0 + (1 - a/f_0)(2\delta + b)} \cdot \delta \quad \dots (29)$$

ここで、 $a = 0$  の場合には、

$$h_0 = \pm \frac{2m\gamma}{f_0 + b + 2\delta} \cdot \delta \quad \dots (30)$$

また、 $f_0 + b > 2\delta$  であれば、

$$h_0 \approx \pm \frac{2m\gamma}{f_0 + b} \cdot \delta$$

となる。

(31) 式までは合焦点時に情報記憶媒体 6 の光

反射層 7 に対する結像点の位置に光検出器 1 5 を配置した場合についての計算式であるので、次に合焦点時の情報記憶媒体 6 の光反射層 7 に対する結像点からずれた位置に光検出器 1 5 を配置した時の光学的挙動を示す式を導く。全光学系を一つの合成レンズと見なす。合焦点時すなわち一方の集光点が情報記憶媒体 6 の光反射層 7 の位置と一致した時、それより遠い方向にある合成レンズの後側主点からもう一方の集光点（つまり前述した集光点に対する結像点）までの距離を  $A_0$  とする。(25) 式より明らかにより

$$A_0 = f^* (1 \mp m) \quad \dots (32)$$

となる。ここで、 $m$  は横倍率、 $f^*$  は合成レンズの焦点距離である。そして、この位置より  $d$  だけ合成レンズ側に近付けた位置に光検出器 1 5 を置いた場合には、合成レンズの後側主点から光検出器 1 5 までの距離  $A$  は

$$\begin{aligned}
 A &= A_0 - d \\
 &= f^* (1 \mp m) - d \quad \dots (33)
 \end{aligned}$$

で与えられる。(33) 式を (24) 式に代入し、上記各式を利用すると、

$$\begin{aligned}
 h_1 &= h^* - A \beta_0 \\
 &= -\beta_0 (f^* + a + 2\delta) + A \times \frac{a + 2\delta}{f^*} \cdot A \\
 &= \beta_0 \left\{ -f^* \pm f^* / m - 2\delta + (f^* (1 \mp m) - d) \times \frac{\mp f^* / m + 2\delta}{f^*} \right\} \\
 &= \beta_0 \left\{ \pm \frac{d}{m} - \left( \pm m + \frac{d}{f^*} \right) \cdot 2\delta \right\}
 \end{aligned}$$

ここで (28) 式を代入すると

$$\begin{aligned}
 h_1 &= \left( \mp \frac{d}{m} + \left( \pm m + \frac{d}{f^*} \right) \times 2\delta \right) \\
 &\quad \times \frac{\gamma}{f_0 + (1 - a/f_0)(2\delta + b)} \quad \dots (34)
 \end{aligned}$$

次に、合焦点時投射レンズ 1 1 の作用により平行光を収束状態の光に変換し、その光を集光点以外の所でトラックずれ検出を行なう光検出器 1 2 上に照射するようにしたトラックずれ検出光学系について説明する。なお、投射レンズ

1 1 を用いず、対物レンズ 5 により収束状態にした光を光検出器 1 2 に照射するようにした光学系に対しても同様である。

今情報記憶媒体 6 から反射した光が対物レンズ 5 を通過後、多少集束された状態で光検出器 1 2 に到達しているとする。その場合、光検出器 1 2 が存在する以外の所で集光している点ができる。そして合焦点時におけるこの集光点の位置から光検出器 1 2 までの距離を  $d$  とする。さらに、情報記憶媒体 6 の記録層ないしは光反射層 7 に対し、上記集光点が 1 個の合成レンズの結像関係によって成り立つと見なした時のこの合成レンズの焦点距離を  $f^*$  とする。そして、合焦点時、この見かけ上の合成レンズにより作られる結像点の結像倍率（横倍率）を  $m$ 、対物レンズ 5 の開口部（射出瞳）の半径を  $A$ 、対物レンズ 5 の情報記憶媒体 6 に近い方の主点から情報記憶媒体 6 方向の集光点（ビームウエスト位置）までの距離を  $F$  とそれぞれ決める。情報記憶媒体 6 と対物レンズ 5 の距離が合焦点時上

りだけずれると、光検出器12上でのビームスポットは半径Rの円になるが、Rは上記(34)式において

$$a=0, f_0+b=F, h_2=R, \tau=A$$

と置き換えた式

$$R = \left| \left( \frac{4}{m} + (m \pm d/f^*) \cdot 2d \right) \frac{A}{F+2d} \right| \quad \dots (35)$$

で与えられる。

対物レンズ5のワーキングディスタンスをWDとすると、対物レンズ5がWDだけ近付くと情報記憶媒体6にぶつかってしまう。

そこで、検出感度のバラ付きや対物レンズ5の慣性などから最低限合焦点位置からWD/2以上近付いた時対物レンズ5と情報記憶媒体6が傷付くことを防止するために焦点が大きくぼけたことを検出するように構成する。また、検出信号に対しては電気的検出感度の変動や情報記憶媒体6自体の光反射率のバラ付きが存在するので検出する際の閾値レベルとしては、最も信号強度の変動を受けにくくノイズによる誤検知

をしにくくなるように、加算回路35の出力電圧の最大値の半分に設定する。

つまり、合焦点位置から対物レンズ5がWD/2だけ情報記憶媒体6に近付くと光検出器12上のレーザースポット半径は(35)式から

$$R_{\frac{WD}{2}} = \left| \left( \frac{4}{m} + (m \pm d/f^*) \cdot WD \right) \frac{A}{F-WD} \right| \quad \dots (36)$$

になるが、この時スポット内の強度分布を一樣として光検出器12上の光検出セル(感知領域)12-1, 12-2上にあるレーザースポットの総面積よりも光検出セル(感知領域)12-1, 12-2からはみ出したレーザースポットの面積の方が広いように光検出器12のサイズを決める必要がある。

したがって、

$$\pi r^2 = \frac{1}{2} \pi R^2 - \frac{\pi WD}{2} \quad \dots (37)$$

の条件を満足する半径rにおいて、トラックすれ検出を行なう光検出器12の光検出部が半径

rの円よりも小さければ良い。ところで、半径rの値は(37)式と(36)式を用いて

$$r = \frac{A}{\sqrt{2(F-WD)}} \left| \frac{4}{m} + (m \pm d/f^*) \cdot WD \right| \quad \dots (38)$$

となる。

以上は対物レンズ5が合焦点位置から情報記憶媒体6の光反射層7ないしは情報記録層8にWD/2だけ近付いた時、焦点ぼけ量が非常に大きくなったと判断するようにした。しかしながら、何かのひょうしに対物レンズ5が暴走を始め、勢いよく情報記憶媒体6の方へ暴走したとする。WD/2だけずれて初めて異常を検出し、暴走停止の制御を送ったとしても対物レンズ5の慣性があるので暴走を停止し、元に戻り始めるのは対物レンズ5が情報記憶媒体6にかなり近付いた所になる。また、情報記憶媒体6は相当大きな回転力、たわみを持って回転しているため、常に光学ヘッドのフレームに対してかなりの速度で近付いたり遠ざかったりしている。そのため、両者のタイミングが悪いとせっかく異常検出し

ても対物レンズ5と情報記憶媒体6が当たってしまいうれがある。したがって、大きなマージンを見越すと対物レンズ5がWD/4だけ合焦点位置から近付いた所で検出した方が無難である。また、情報記憶媒体6の光反射層ないしは情報記録層7における光反射率にもそれぞれかなりのバラ付きがある。さらに、これまでスポット内の強度分布が一樣として扱ってきたが、光学系によってはスポット内の中心付近が強度密度の高いものがあり、この場合には光検出セル12-1, 12-2上にあるレーザースポットの総面積が光検出セル12-1, 12-2からはみ出したレーザースポットの面積に等しい時でも加算回路35の出力電圧が最大の状態に近い値を示す可能性がある。以上のことから充分なマージンを持って装置が作動するにはレーザースポット総面積の1/4のみが光検出セル12-1, 12-2上に照射される状態になって初めて焦点が大きくぼけたと検出するように設計した方が好ましい。これを数式で表わすと、光

検出器12上に照射したビームスポットの面積を $S_{in}$ とし、光検出器12からはみ出した部分に照射したビームスポット面積を $S_{out}$ とした時、

$$\delta = -WD/4 \text{ の時 } S_{out} \geq S_{in}$$

となる。 $\delta = -WD/4$ の時 $R$ は(35)式から

$$R_{-\frac{WD}{4}} = \left| \left( \frac{4}{m + (m \pm 4/f^*)} \right) \frac{WD}{2} \right| \frac{A}{F - WD/2} \quad \dots (39)$$

$S_{out} = 3 S_{in}$  の時の $r$ は

$$\pi r^2 = 4 \pi R_{-\frac{WD}{4}}^2 \quad \dots (40)$$

より

$$r = \frac{1}{2} R_{-\frac{WD}{4}} = \left| \left( \frac{4}{m + (m \pm 4/f^*)} \right) \frac{WD}{2} \right| \frac{A}{2F - WD} \quad \dots (41)$$

以上は、対物レンズ5が情報記憶媒体6の光反射層ないしは情報記録層7に近付いた場合についてのみを説明したが、反対に遠ざかる方向に焦点径け量が大きくなる場合にも異状検出できればお好ましい。なお、遠ざかった場合には対物レンズ5が情報記憶媒体6に当たるとい

った問題は生じないので異状検出を行なわなければならないという絶対的な基準値は存在しない。そこで、幾何学的に、対物レンズ5の情報記憶媒体6に近い側の主点から情報記憶媒体6方向の集光点(ビームウエスト位置)までの距離を $F$ とした時、合焦点位置から $F/10$ だけ遠ざかった時光検出セル12-1, 12-2からはみ出したレーザースポットの面積が光検出セル12-1, 12-2上にあるレーザースポットの面積よりも3倍以上あるように設定する。すなわち、(35)式に $\delta = +F/10$ を代入すると、

$$R_{+F/10} = \frac{A}{1.2F} \left| \frac{4}{m + 0.2F(\pm m + 4/f^*)} \right| \quad \dots (42)$$

が得られる。したがって、

$$r = \frac{1}{2} R_{+F/10} = \frac{A}{2.4F} \left| \frac{4}{m + 0.2F(\pm m + 4/f^*)} \right| \quad \dots (43)$$

これまでの説明では、合焦点時投射レンズ11の作用により平行光を収束状態の光に変換し、その光を集光点以外の所でトラックずれ検

出を行なう光検出器12上に照射する光学系について説明したが、合焦点時に情報記憶媒体6から反射した光が対物レンズ5を通過後、平行光のままにトラックずれ検出を行なう光検出器12に到達する光学系について説明すると、情報記憶媒体6と対物レンズ5の距離が合焦点時にくらべて $\delta$ だけずれた時の対物レンズ5の後方 $L$ だけ離れた所におけるビームスポットサイズは、ビームスポットの半径を $R$ 、対物レンズ5の開口部(射出面)の半径を $A$ 、対物レンズ5の焦点距離を $f_0$ とすると、上記(6)式で、  
 $h_1 = R$ 、 $r = A$ 、 $s = 0$ と値を換えた式

$$R = \left| A \left( 1 - \frac{L}{f_0 + f_0^2/2\delta} \right) \right| \quad \dots (43)$$

で得られる。ここで、 $L$ は対物レンズ5からトラックずれ検出を行なう光検出器12までの距離とする。

(43)式に対し今までの計算を繰返すと、まず、 $\delta = -WD/2$ の時 $S_{out} \geq S_{in}$ の条件を満たすには(43)

式に $\delta = -WD/2$ を代入して、

$$R_{-\frac{WD}{2}} = \left| A \left( 1 - \frac{L}{f_0 + f_0^2/WD} \right) \right| \\ = A \left( 1 + \frac{L}{f_0^2/WD - f_0} \right) \quad \dots (44)$$

さらに(37)の関係式に(44)式を用いると、

$$r_p = \frac{1}{\sqrt{2}} R_{-\frac{WD}{2}} = \frac{A}{\sqrt{2}} \left( 1 + \frac{L}{f_0^2/WD - f_0} \right) \quad \dots (45)$$

したがって、トラックずれ検出を行なう光検出器12の光検出部は(45)式で与えられる半径 $r_p$ の円よりも小さく構成する。

次に、 $\delta = -WD/4$ の時 $S_{out} \geq 3 S_{in}$ の条件を満たすには(43)式に $\delta = -WD/4$ を代入して、

$$R_{-\frac{WD}{4}} = A \left( 1 + \frac{L}{2f_0^2/WD - f_0} \right) \quad \dots (46)$$

これを(40)式に代入して、

$$r_p = \frac{1}{2} R_{-\frac{WD}{4}} = \frac{A}{2} \left( 1 + \frac{L}{2f_0^2/WD - f_0} \right) \quad \dots (47)$$

そして、 $\delta = +f_0/10$ の時 $S_{out} \geq 3 S_{in}$ であるためには、(43)式に $\delta = 0.1 f_0$ を代入して

$$\begin{aligned}
 R_{+f_0} &= \left| A \left( 1 - \frac{L}{f_0 + f_0^2 / 0.2 f_0} \right) \right| \\
 &= \left| A \left( 1 - \frac{L}{f_0 + 5 f_0} \right) \right| \\
 &= \left| A \left( 1 - \frac{L}{6 f_0} \right) \right| \\
 &= A (L / 6 f_0 - 1) \quad \dots (48)
 \end{aligned}$$

より

$$r_p = \frac{1}{2} R_{+f_0} = \frac{A}{2} \left( \frac{L}{6 f_0} - 1 \right) \quad \dots (49)$$

となる。

以上より、

- i) 大きく焦点がぼけると自動的に異常検出できるので対物レンズ6が情報記憶媒体6に当たり両者に傷を付けることが防止できる。
- ii) 焦点ぼけ補正を開始するのに対物レンズ6を合焦点位置に近付けた後に開始することが可能になり、焦点ぼけ補正の開始が非常に安定して行なえる。
- iii) 光検出器12に照射される検出光の光量で

光が上記光検出器の光検出部から大きくはみ出し、検出信号の総和が充分に小さくなるように構成したから、情報記憶媒体に対し対物レンズ6を合焦点位置に近付けて自動的に焦点ぼけ補正を開始する際に合焦点位置付近に来ていることの検出や、焦点ぼけに対し異常処理が行なえ、以って焦点ぼけ量が非常に大きくなった時の検出を電氣的に安定に信頼性良く行なえる等優れた効果を奏する。

#### 4. 図面の簡単な説明

図面は本発明の一実施例を示すもので、第1図は光学ヘッドおよび制御回路を示す構成図、第2図は焦点ぼけ検出系を示す図、第3図(i)(ii)は合焦時および非合焦時におけるレーザー光の軌跡を示す説明図、第4図は対物レンズ6を通る光線の軌跡を解析するための図、第5図は投射レンズを通る光線の軌跡を解析するための図、第6図は対物レンズの焦点位置とレーザー光の集光点とがずれている光学系を示す図、第7図は対物レンズと投射レンズを1つの合成

大きな焦点ぼけ等異常が検出できるため、半導体レーザー等の光源が点灯しない時や情報記憶媒体6上で集光点が光反射面ないしは情報記録層7の欠如している場所にさしかかった時、あるいはゴミ・汚れ等により光路の一部がさえ切られた場合に対物レンズ6が暴走するのを防ぐことができる。

#### 〔発明の効果〕

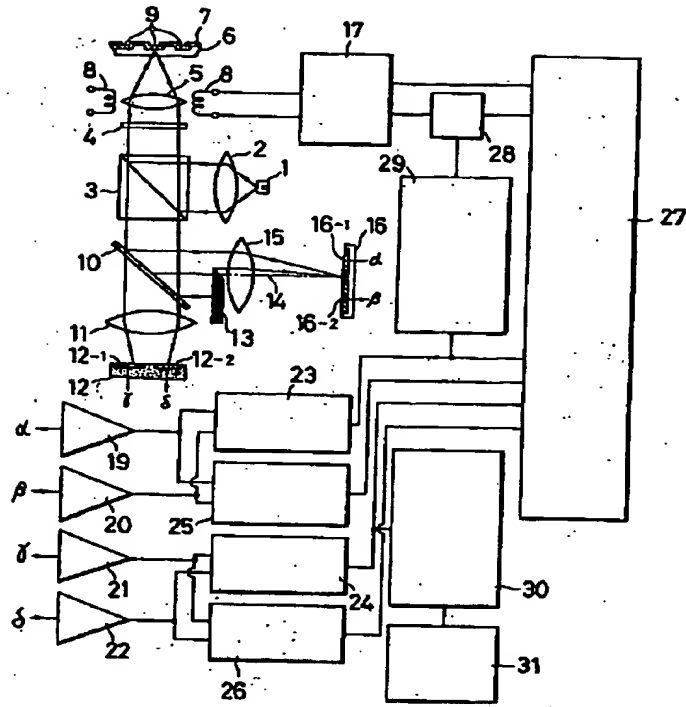
以上説明したように本発明によれば、集束光を用い情報記憶媒体から少なくとも情報を読取ることが可能であって少なくとも焦点ぼけ検出系とトラックずれ検出系とが分離されているものにおいて、上記情報記憶媒体に向けて光を集光する対物レンズと、この対物レンズにより上記情報記憶媒体に向けて集光された後上記情報記憶媒体上で反射して再び上記対物レンズを経た光を受光して少なくともトラックずれを検出する光検出器と、少なくともこの光検出器の検出結果にもとづいて焦点ぼけを制御する制御手段とを具備し、焦点ぼけ量が非常に大きい時に

レンズと見なしたときの光線の軌跡を解析するための図である。

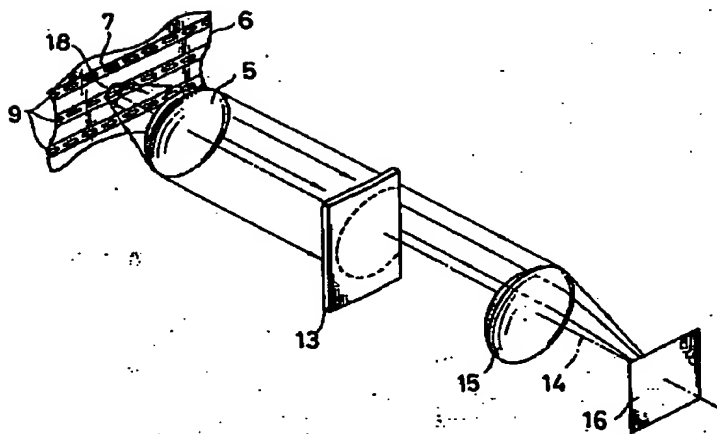
6…情報記憶媒体、6…対物レンズ、12…光検出器。

出願人代理人 弁護士 鈴江 武彦

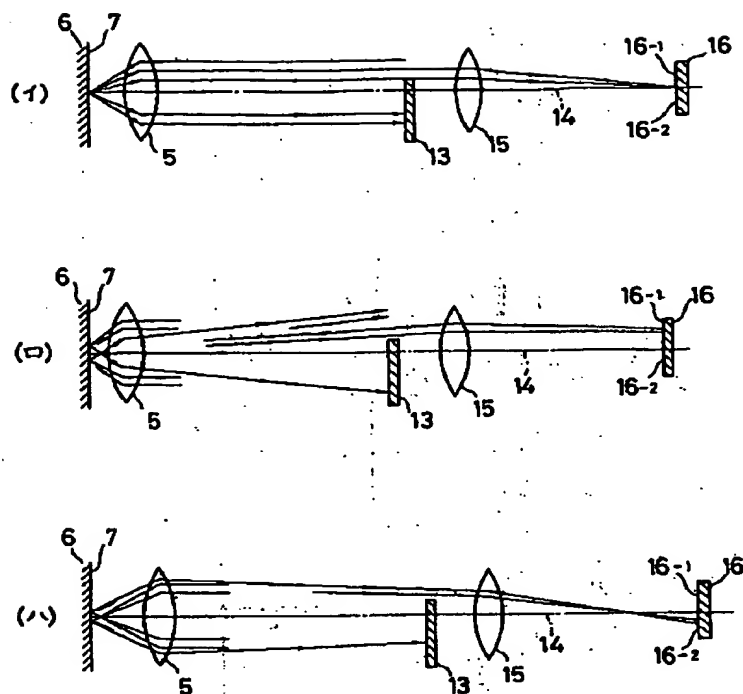
第 1 図



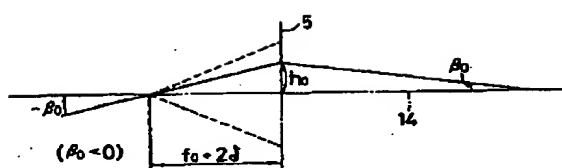
第 2 図



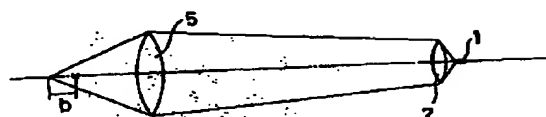
第 3 圖



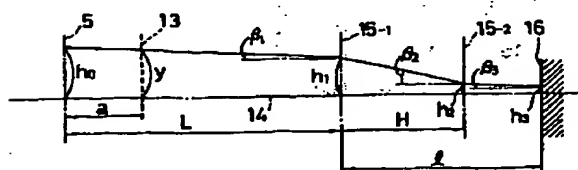
第 4 圖



第 6 圖



第 5 圖



第 7 圖

